

SCIENCE MASTERS

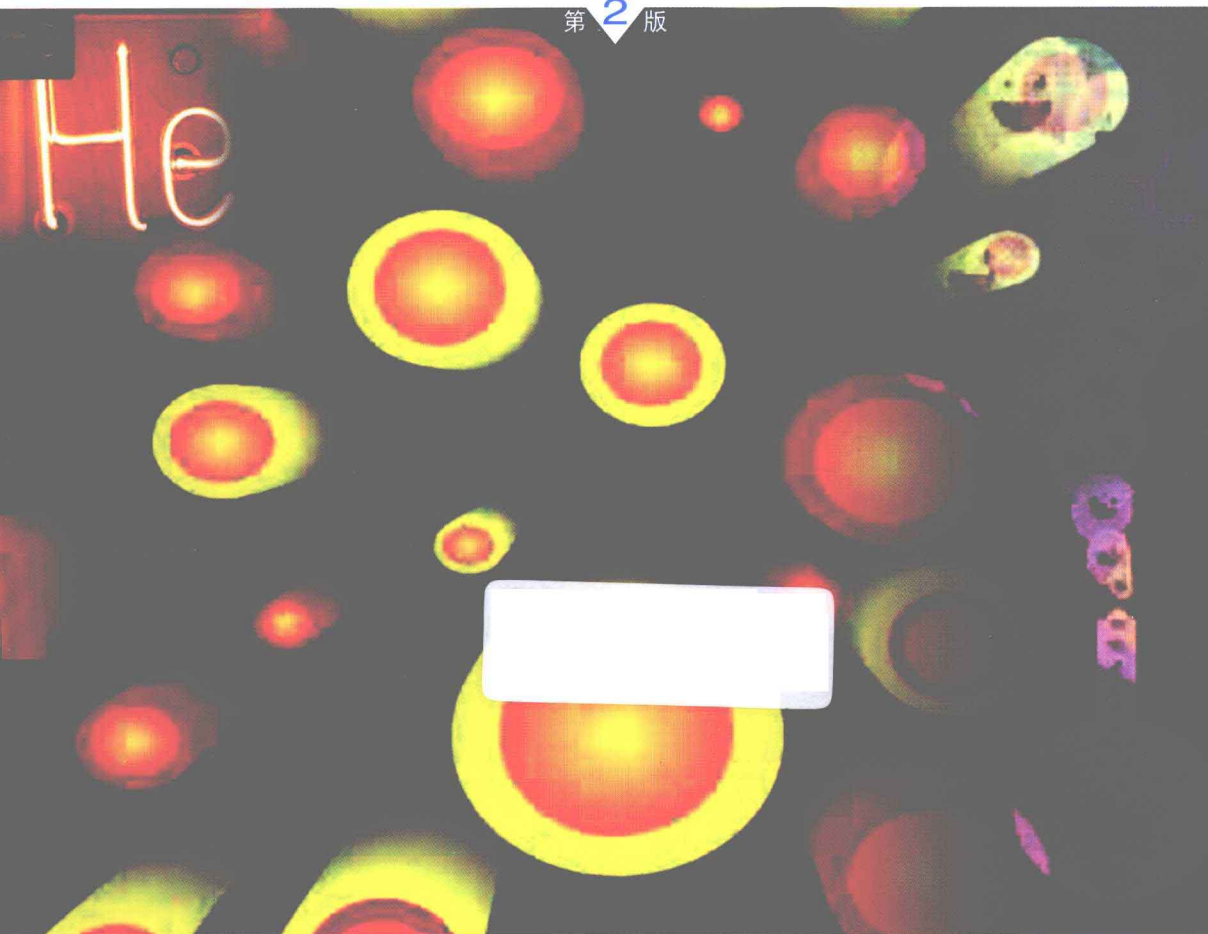
科学大师佳作系列

化学元素 周期王国

[英] 彼得·阿特金斯 著

张瑚 张崇寿 译 郭正谊 审校

第2版



上海科学技术出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

 科学大师佳作系列

化学元素 周期王国

(第2版)

[英] 彼得·阿特金斯 著

张 瑚 张崇寿 译 郭正谊 审校

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学元素周期王国/(英)阿特金斯(Atkins,P.)著;
张瑚,张崇寿译.—2版.—上海:上海科学技术出版
社,2012.12

(科学大师佳作系列)

ISBN 978-7-5478-1594-6

I. ①化… II. ①阿… ②张… ③张… III. ①化学
元素周期表—普及读物 IV. ①O6-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 300044 号

The Periodic Kingdom: A Journey into the Land of the Chemical Elements

Copyright © 1995 by P. W. Atkins

Chinese (Simplified Characters) Trade Paperback Copyright © 2007

by Shanghai Scientific & Technical Publishers.

Published by arrangement with Brockman, Inc.

ALL RIGHTS RESERVED.

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 700×1000 1/16 印张 7.5

字数: 150 千字

2012 年 12 月第 2 版 2012 年 12 月第 3 次印刷

ISBN 978-7-5478-1594-6/O·16

定价: 14.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

序 言

萨默塞特·毛姆(Somerset Maugham)所著《遭天谴的人们》(*The Vessel of Wrath*)一书的开篇一直使我很陶醉。我坐在书斋里,翻阅着“扬子江引水人”一节,对潮汐表和航行方向渐渐有了真实感。当意识到树木、屋顶以至民众是书中故事的主题时,在我的想象中那些等高线和图表消失了,出现的是美丽的幻景。因此,我愿你能陪伴我,以元素周期表为规范的航行图,在化学领域里做一次想象中的旅行。但在我们心目中,应把这一周期表视为有人生活的国家——一个周期表王国,就像我们降落在地面上见到的一般。我们要飞越王国的大地,看一看起伏的丘陵、山脉、峡谷和平原。我们要登上陆地,行于广阔的草原之间及湖泊周围。我们还要到地下勘查,去发现隐伏的构造,即控制和支配着王国的机理,因为那里是需要理性认识的地方。

无论在原理上还是在实践中,周期表都可被认为是化学中最重要的概念。它是学生们日常所必需的,它为专业人员提供新的研究途径,并为整个化学变化过程规划出简明条理。它清楚地证明这样的事实,即化学元素并不是一堆无规则的东西,而是彼此间存在着诸多关系,显示出种种趋势,一族一族地处在—起的。了解周期表对于每一位希望认识世界并弄清世界是怎样由化学的基本结构单元——化学元素所构成的人来说非常重要。任何试图以科学家的眼光来熟悉世界的人都应该认识周期表的全貌,因为它是

科学修养的一部分。

我把周期表描述成在一个想象中的国家旅行的指南,将各种元素比拟成不同的领地。这一王国有其地貌:各种元素以特有的方式互相排列,由它们可产生出各种各样的东西,就像大草原上能长出谷物和湖中能生长鱼类。王国也有历史。实际上它有三方面的历史:我们几乎像发现陆地那样发现了元素;像绘制世界地图一样,画出王国的地图,其中元素的相对位置具有非常重要的意义;元素还有它们自己的宇宙历史,这可以追溯到星球。

周期王国也有管理部门,有控制各种元素特性的规律,支配元素的行为变化以及确定它们所能形成的联合体。这一行政职能是从原子以及构成原子的电子和核子的特性中发现的。

我不想臆断原先的化学知识,我只要求你根据具体存在的实物运用你的想象力,理解书中地理学方式的类比。我们将一起飞行,穿越山山水水,在合适的地方登陆。这样,我们会发现一个富饶的王国,现实世界就是它的一个表现形式。

我要感谢杰里·莱昂斯(Jerry Lyons),他为本书担任编辑并提出一些有益的建议。

目 录

第一章 地理	1
地形	2
领地的物产	7
自然地理	19
第二章 历史	33
发现过程	34
领地的命名	41
国土的起源	47
制图人	57
第三章 行政区划和管理制度	73
内部规律	74
外部规律	79
地区管理	91
联系与联合	101
后 记	111

第一章

.....

地 理

地 形

欢迎您到王国来。这是一个想象中的国家,但它比看上去更实在,它就是化学元素的王国。一切有实体的东西都由王国里的物质构成。王国的幅员并不辽阔,只有一百来块领地(以下我们经常用“领地”一词代表元素),但却拥有构成我们现实世界中每一样东西的物质。我们故事中讲到的这上百种元素能造就出所有行星、岩石、植物和动物。这些元素还是空气、海洋和地球的基本成分。我们依赖元素,食用元素,甚至我们自身就是各式各样元素组合的。由于我们的大脑由元素构成,所以从某种意义上讲,我们的思想意识也是由王国居民——各种元素所具有的特性产生的。

事实上,这一王国并非是一群乌合之众,而是一个有着严密组织的国家,这里每块领地的臣民都与相邻领地的臣民亲密无间,各个领地之间几乎没有明显的界线,因为王国地形的主要特征就是逐渐过渡:平原与平缓的山谷相连,又逐渐沉降为深不可测的峡谷;山坡从平原缓缓升起,又渐渐形成耸入云端的高山。当然,这些都是想象和比拟,为的是让我们感觉正在王国旅行。要记住这样一条原理,不仅这个物质世界是由上百种元素构成的,而且这些元素有着一定的排列模式。

我们眼下的目的是了解元素排列模式,熟悉王国地域情况。从图 1 的上端,也就是从氢元素开始,直到相隔很远的铀元素以外

地区,展现出一片美妙景色。目前,对铀元素以外地区,人们已有所知,但在更远处尚有一道未勘察过的地界,有待未来的哥伦布去发现。离我们较近的是比较熟悉的地区,即碳、氧、氮、磷、氯和碘的领地。在初步观察后,我们还要熟悉更多的领地,了解一下这些地区是否为旱地、沼泽、湖泊或牧场。

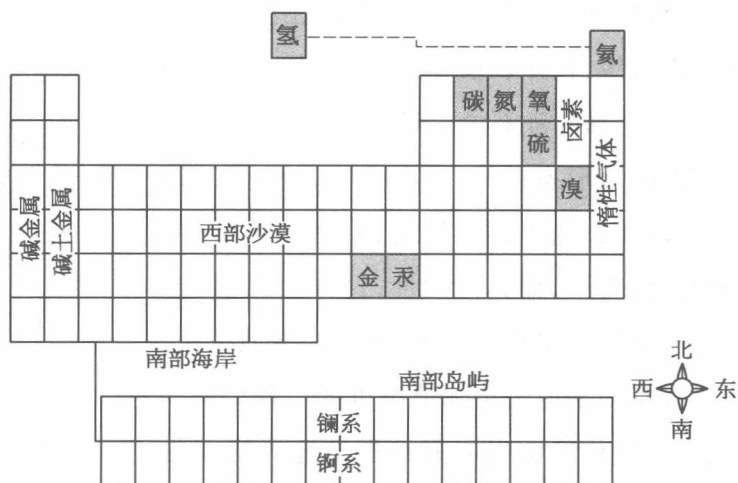


图1 周期王国总平面图 西部沙漠和南部岛屿包括全部金属元素,其余地区为非金属元素

即使从这样的高度,我们也能看出王国地形的全貌(图1)。一些地区闪闪发光,那是由金属组合的。这些地区连在一起,位于我们所要说的西部沙漠。整个沙漠情况大体一致,但淡淡的阴影处显示出不同的特点。浅浅的色斑随处可见,如同人们常见的金子闪光和铜的红色泛光。十分奇怪的是,这些荒芜的地区竟占了王国的大部分(109种元素中的86种),然而,这个王国仍能为我们这个真实世界提供丰富的物质!物质的丰富表明,认为沙漠贫瘠是一种错觉。当我们接近它时将会发现,它的矿藏十分丰富。从广泛的物理和化学性质来讲,荒凉的地表事实上有很多性格不同的臣民。到更近处去观察留待以后。我们此刻还远在这片国土的上

空,它的丰富多彩还不十分明显。

即使从这样的高处俯视,东部地表的景色也是变化多端的。这里是王国中地势比较平坦的地区,并能看到一个湖泊。但很明显这不是一个普通王国,因为这里的湖泊不像地球上的湖泊那样清澈,呈现灰色或蓝色,而是深红色或近于褐色。这块领地属于溴,是这一奇特国度里仅有的两个湖泊之一。另一个湖泊在西部沙漠的东部边缘,且外表很不一样,它发出刺眼的银色光泽。这里属于汞,是在金属的乱石中出现的一个清澈湖泊。

东部的陆地形态多样,色彩丰富,接近东部海岸处变化更大。首先,西部沙漠在这里逐渐转变,有些地方看起来是金属的领地,但金属性已经变弱,而具有两性,这样的元素包括硅和砷,以及不太为人们所知的碲和钋。看来,这里的土地在化学上是丰产的,但在这块不寻常的土地上实际情况可能与我们最初的印象不同。在同一高度上,我们能够很明显地看出地表的颜色。有常见的硫黄色强烈闪光。与硫相邻的是硒,它似乎随季节变化,一会儿呈现银灰色,一会儿呈现宝石红的颜色,表明它具有两性。一种单纯的物质怎么会具有如此不同的色彩呢?并不只是硒有这样的变化。普通的碳元素也有这种奇特的变化:最常见的碳呈乌黑色,但它能转变成闪亮的钻石、钢灰色的石墨和最近发现的呈浅棕色微晶状蒙脱石。我们必须认识已知元素的不同变形,以及怎样用比喻的方法称呼它的“季节”,因为不知道“季节”会导致混淆,而我们登上王国的陆地时会发现处在任何一个季节里的元素。

接近东部海岸处,地表颜色的变化更大。最明显的是卤素,这是领地间紧密结合的一个家族,包括清澈的红色溴湖。在同样的高度上,我们能看出它们的色彩层次,从远在北方毫无颜色的氟加深到黄绿色的氯,再变成与氯相邻的红色的溴。溴的南面,接近南

部海岸处是闪烁发光的紫黑色碘。碘的南面是元素碲,关于碲的其他情况一无所知。就像在真实世界里常见的那样,之所以不了解碲,是因为还没有找到它的用处。如果你从未听说过碲,是因为它是一块未开发的不毛之地,去了解它似乎没有什么意义。碲在王国里只是一块表面上调查过的领地。

这一地带的颜色变化是这里的元素在特性上渐变得较为明显的情况之一。它以悦目的色彩变换引起人们的注意,并且使人想到也许有更为微妙的潜在变化趋势,需要更加密切地去观察,甚至去发现和识别。实际情况就是如此,当我们步行穿过王国时,需要注意这样的变化,因为变化本身表现得并不那么清楚。研究化学变化过程的一部分乐趣就在于揭示出潜在的周期性变动,周期性变动遍及王国的各个领地,并把各个领地联合成一个个家族。

总的变化趋势基本上是肉眼难以辨认的。正如我们看不见所呼吸的空气,有些领地属于气体,看起来缺乏物质。那些看上去无人居住的领地位于王国东部和东北部的海岸上,形成一些空无的海岸面,似乎还不如西部沙漠富足。但这样的海岸面非常有用,那里有宇宙生命的先驱——氧。氧对有机生命是那样重要,一刻也不可缺。我们带着氧气瓶潜水或去月球;我们把它输入垂危的人体,维持人的生命;我们用管子把它吸入发动机又喷出来使机器运转和排出废气。氧有激发生机的本质,没有氧,生机和运动就要终止。王国北部边缘上这一貌似无物质的地区就具有这样的潜在能力。

这种看不见的潜能并非氧独有。它的西面邻区氮看起来似乎也没有物质,但氮对于生命同样必不可少。许多生物学上的和工业上的化学活动都集中于从地球的大气中吸取氮,大气中的氮非常丰富。人们把对它的吸取称为“固氮”。固氮是地球上极为重要

的化学活动,就像光合作用,将空气中以气态二氧化碳形式存在的碳固定下来。在人类开始主宰地球之前,早就需要使氮得到固定,因为蛋白质由氮合成,而蛋白质又是一切有机生物必不可少的。甚至遗传信息一代代留传也要依靠氮,因为它是脱氧核糖核酸的组成部分。如果没有这一表面上看似荒芜的领地——氮,就不可能有遗传,不仅生命将终止,而且一切活动都将停止,因为有了生命的齿轮——蛋白质。没有氮,光合作用不会发生,就如同上紧了发条却没有联接它的齿轮。

东部海岸的领地是另外一种情况。那里也属于气体,但主要是惰性气体。自19世纪末从事化学研究的“麦哲伦”首先发现这些领地以来,它们已有过各种名称,人们认为这类气体稀少,一度称之为“稀有气体”。它们之中有些气体确实稀少,但并不都是这样。例如,地球大气中的氩就比二氧化碳还要多。地球上的氦很少,但在整个宇宙中氦却非常多,它在宇宙所有的气体中占25%,数量上仅次于氢。尤其是东海岸最南处的氦,已多至危险的程度,致使世界各地出现天然放射现象,足以令人担心。因此,对于这些极为丰富的气体来说,“稀有”一词不太合适而已被放弃。这一海岸地带长时期没有被发现,是因为上述元素既不与别的元素化合,彼此之间也不化合,所以在命名过程中又把它们称做“不起化学作用的”气体。对于过去想要通过对化合起来的元素进行分析以求了解各个元素的化学家们来说,这些沿海领地仍是看不见的,甚至是不可知的。然而在近代,对这些元素进行处理使之结合的尝试已获得成功,沿海领地的贫瘠已得到改观。这并不是说沿海沙漠现在已繁花似锦,而只是有少许的繁荣,从化学观点来看,只相当于萌发出一根小草而已。以上所述也只能说明“不起化学作用的”不过是表示性质和特性的形容词。作为最后的一着,对这些领地的命名

使用“惰性”一词,将那里的各个领地通称为惰性气体。如此定名并不是想要含有化学意味,而是为了简洁高雅。

简言之,这个国家总的布局是西部属于金属区,向东逐渐过渡为景观不同的非金属区,东部海岸线上基本是惰性元素。大陆的南面有一个近海岛屿,我们将称之为南方岛屿,该岛完全由特性有微妙转变的金属组成(如下文所述)。大陆的北面有一个孤立的元素——氢,它在位置上颇似靠近西北欧边缘的冰岛。这一单纯而有天赋的元素是王国的重要前哨阵地。尽管它很单纯,但富有化学特性。它也是宇宙中最丰富的元素及恒星的燃料。

领地的物产

这些领地有些什么物产?就氧和氮而言,我们已经知道,它们虽然看不见,但并不意味着没有用处。同样,那些与金属沙漠近似的地区,只要适当加以利用,也是财富的源泉。由于目前还不知道王国的物产是否有用,以及在我们充分认识王国的物产之前需要进一步了解王国的制度,有必要对整个王国进行调查。这里先做一个初步调查。

无论对真实世界的自然景观来说,还是对手工制品和科学发明的机械产品来说,金属元素都极其重要。例如,沙漠中有一块领地是铁。这一元素曾有助于人类脱离石器时代,并推动人们进行工业革命。这一领地的用途在工业革命进程中进一步得到拓展,铁与邻近地区的钴、镍、钒、锰结合,可变成钢。毫不夸张地说,钢可算是现代社会的基石。有一点不应忽视,铁在王国中能够很容易地与邻近的元素结合。这一特征表明,王国地表下的深处有类似的结合趋势,很像文化和经济的联系能加强国与国之间的相互理解。

铁的附近地区在真实国家的历史上也有特殊而重要的意义。在铁以东几步远处是铜,由于它很容易提炼,所以在我们摆脱石器时代的长途跋涉中,它是第一个被用来制造工具的元素。为此,我们需要逐点说明铜的用途。铜在一定程度上耐得住腐蚀,而腐蚀是一种有害的化学变化。在日常生活中,铜的耐腐蚀性有两项用处。一是用铜做水管,水管经常会受到具有腐蚀性的化合物——水的作用。二是铜与邻近元素结合而成的铜锡合金(青铜)和铜镍合金可以用于制造钱币。这里我们还可以见到王国中另一些潜在的周期性转变,靠近铜的银和金,长期以来已因其悦人的外表、产量不多及耐腐蚀性而被用于贸易、装饰和钱币。铜、银、金这三种金属在社会中的作用是公认的,因而被称为“货币金属”。

概括而言,西部沙漠已由东向西经过勘察和开发,即上述元素已按照它们的位置由东向西依次在技术和工艺上得到利用。最初,铜取代石头而进入青铜时代。后来,探索者们坚持向西前进(实际是使用更加有效的勘察方法),发现了铁的领地,并利用铁制造出更多的杀人武器。在自然淘汰法则的驱使下,一些国家出于屠杀、征服和生存的目的,用这些武器改进了装备,从而兴旺起来。国家强盛,摆脱了经常受侵略的处境,就能腾出时间来繁荣学术。经过相当时期,探索者们深入西部沙漠的腹地,发现了意外的财富。

在西部沙漠的深处,他们终于发现了钛。这确实是意外收获。钛所具有的特性,正是极力要拥有高级工业技术的人类社会所需要的。钛不易磨损,经得住腐蚀,而且很轻,堪称西部沙漠地区的代表。钛和邻近地区的钒及钼在王国中显示出周期性的变化,它们与铁结合能形成工业上需要的韧性钢。这种钢耐腐蚀,能切割石头。王国中有一个值得注意的特征,即一条像地峡似的狭长地

带,把东西部的矩形地块连接起来。地峡开发后,能为人类社会提供很多的汽车、轮船和机器,而且地峡里的成员极易结合在一起。

狭窄的地峡从东面的铀至西面的铯横跨王国,地峡两端有两个矩形地块。西面的矩形地块是西部沙漠的一部分,其中的领地比地峡中的各个领地更为引人注目。那里是高活性金属的所在地,大自然中还从未发现过这些金属的天然纯净物(这是对游离态所用的专有名词)。大多数高活性金属有剧毒,以致无法接触。在那里我们可以看到王国周期性的化学变化,虽然不如东部海岸的色彩层次那样显而易见,但也不乏引人注目。为了解这一周期性变化,我们需要研究一种简单的反应,即假定王国内这一很少有人观光游览的地区一旦下起雨来会怎么样,也就是说,我们要了解这些元素对水会有什么反应。

雨水对西北边缘的锂作用不大。诚然,锂所在的地表会起泡沸腾,但总的说来反应不大,领地内没有什么扰动。其南面邻区的钠却不同。雨水会与钠的地层产生激烈冲突,凡是雨点滴注的地方,土壤就会起泡和沸腾。钠领地的反应明显大于锂的领地。如果说锂和钠的领地还经得住雨水冲击,那么在南面与钠相邻的钾就难说了。遇到雨水,不仅地面鼓胀、沸腾,而且整个领地都会着火燃烧起来。反应之所以会如此强烈,是因为这种金属与水作用可以产生氢,氢会引起大火,所以这一地带雨天不适宜居住。那么,再往南是否也如此呢?这里,雨水就带有爆炸性了。在锂的南面较远处是铷和铯的领地,那里,每一个雨滴无疑都是一颗潜伏的炸弹,雨滴会因撞击地面而引起爆炸。这四种元素由北向南,化学活力呈现不断增强的趋势。

西部沙漠边缘那些统称为碱金属的元素都具有毒性,但这并不意味着这些金属在自然界和工业上没有用处。事实上,只要加

以控制,毒性就有用处。例如,钠是普通食盐(氯化钠)的组成部分。食盐这种物质非常有用。氯化钠中的钠是神经系统 and 大脑的重要活性组分,没有它我们复杂的有机体将成为无生命和基本上无功能的物体。此外,钾在性能上与邻区的钠有细微的区别。钾,也是神经细胞的重要活性组分。钠和钾这两种相似元素之间微妙的相互作用维持着思维和行动,否则机体就没有生命了。与此同时,我们还可以看到王国中相邻元素相互结合的潜在能力,相邻元素性质的协调和相互影响能使单调的变化旋律大为丰富。思维是物质最微妙的现象,可以说它部分地产生于钠和钾这两块相邻领地的相互作用,而这两种元素在性质上只有细微的差别。

从碱金属向东跨越一步,是另一组性质极为相似的元素领地。这一区域里的一族元素包括钙。钙很像附近的锂,遇到雨水也会起泡,轻轻地沸腾并产生氢。然而,钙比锂有用得多。在人类发现锂的用途(主要在制造原子弹方面)以前,人们早已发现了沙子中钙的用途。钙与邻区的钠和钾一样,也是构成神经的活性组分。钙还是一种具有构造特性和易于保持形态特征的元素。当人们进入王国西部沙漠时便可发现,钙是坚韧物质的组成部分。例如,一般动物的骨骼是磷酸钙,甲壳类动物的外壳是碳酸钙。甲壳类动物遗留下的碳酸钙,日积月累,最终形成地表的坚硬结构。石灰岩就是生物体的遗骸,由于其中含有钙而凝结成坚硬持久的岩体。

人类文明已反复证实自然界中有丰富的钙,而钙具有耐久性和坚韧性。从石灰岩丘陵中可以获得大量的石灰石,建造出可屹立千载的建筑物。古罗马人曾发现了混凝土和灰泥,但当时他们并未意识到正在从周期王国中开采钙。当我们用混凝土、砖块和水泥建造建筑物时,我们这些古罗马人的后代也许和他们一样没有意识到这一点。假如没有西部沙漠中这一地区的产物,也就不

可能有动物坚固的骨骼和长牙利齿的攻击武器,以及生物用以自卫的甲壳,更不可能有文明社会中大量实用而耐久的建筑。

钙的北面有一块稍具不同特点的领地,属于元素镁。镁与钙颇为相似,同样能使万物坚固耐久。镁发现于奥地利白垩状的白云石矿脉中。镁是金属,与钙一样,降雨时它的地层基本上没有什么变化。这一领地有一种特别重要的产物——叶绿素,这是一种有机分子,每个叶绿素分子的眼状物上含有一个镁原子。没有这些叶绿素,世界将成为潮湿炎热的大岩体,而不再是气候温和、绿阴葱茏的生物乐园。叶绿素用那些含镁的眼状物对着太阳,在光合作用的最初阶段,吸收太阳的能量。正因为镁具备这种有效特征,才使光合作用成为可能,所以我们必须仔细研究镁。如果王国没有镁这种元素,叶绿素的“眼睛”就会失明,光合作用就不会发生,生物也就根本不会存在。这个元素族的南端还有一些金属,叫作锶、钡和镭。王国的周期性变动使我们可以预测这些地区的金属比北边的金属要活泼得多。的确,金属锶、钡和镭对周围环境的侵蚀性太强,所以用途不大,也尚未发现大自然对这些金属的利用。然而,大自然的儿女——人类,却可以利用这些金属。例如,镭以其放射性(是原子核的特性而不是化学特性)闻名于世。用镭可以杀死迅速繁殖的有害细胞。

现在我们该再次穿过地峡到东部的矩形地块走一走。这一地带的丰富物产令人难以置信,而最令人感兴趣的地区是北部边缘。我们对氧和氮已有所了解,但无论是在这一地带,还是在王国别处都找不到一块领地能比北海岸上碳的领地更加肥沃。碳是一种极为普通的元素,它不像西南端的铯或东北角的氟。碳算不上活泼,但碳却易于和别的元素建立联系。碳的这种随和的脾性,使它在化学上和为人处世一样,得到了好处。碳以平易的作风使自身成